



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Untersuchungen über das dynamische Verhalten von Druckwerken

Eschenbach, Wolfram; Wagenbauer, K.; Göbel, H.
(1964)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014022>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14022>

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS DYNAMISCHE VERHAL- TEN VON DRUCKWERKEN

MITTEILUNG AUS DEM INSTITUT FÜR
DRUCKMASCHINEN UND DRUCKVERFAHREN
DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE DARMSTADT

DIREKTOR:
PROFESSOR DR. WOLFRAM ESCHENBACH

W. ESCHENBACH - K. WAGENBAUER - H. GÖBEL

STUDIES OF THE BEHAVIOUR OF PRINTING SYSTEMS

1. Einleitung

Mit den Bemühungen, die Druckzeit bei optimaler Druckqualität zu verkürzen, steigen gleichzeitig die Ansprüche an die Druckmaschinen aller Systeme. Neben anderen Faktoren stellen insbesondere die höheren Maschinengeschwindigkeiten größere Anforderungen an die konstruktive Ausbildung von Druckwerken [1].

Nachdem bereits in einer früheren Arbeit des Instituts [2] Untersuchungen über die Temperaturen in Presseuren von Rollentiefdruckmaschinen durchgeführt wurden, hatte das nachfolgend beschriebene Forschungsvorhaben zum Ziel, Unterlagen für die konstruktive Ausbildung von Druckwerksteilen zu schaffen. Für die praktische Durchführung der Untersuchungen ergab sich damit als Hauptaufgabe die Ermittlung von Kräften und Kraftwirkungen an Druckwerken im Betriebszustand sowie die Entwicklung dafür geeigneter Meßverfahren.

Die Untersuchungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. finanziell unterstützt. An dieser Stelle sei allen an diesem Forschungsprogramm in irgendeiner Form Beteiligten gedankt. Insbesondere gilt dieser Dank den Mitarbeitern des Instituts, namentlich den Herren Dipl.-Ing. Keppler und Dipl.-Ing. Markert. Einige im Rahmen dieses Themas durchgeführte Diplomarbeiten konnten mit verwendet werden.

2. Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Allgemeines über die verwendeten Meßverfahren

Untersuchungen wurden an einer Flachdruckmaschine sowie an Hoch- und Tiefdruckmaschinen im Betriebszustand vorgenommen. In allen Fällen handelte es sich somit um schnell ablaufende Vorgänge. Die dabei erforderliche fortlaufende Registrierung wurde ermöglicht durch die vorherige Umwandlung mechanischer Meßgrößen in elektrische. Hierzu fanden bei den

Versuchen verschiedene elektromechanische Wandler, insbesondere Dehnmeßstreifen (DMS) und piezoelektrische Aufnehmer Verwendung.

2.2 Untersuchungen an einer Offset-Bogenrotationsmaschine

Für die Versuche stand eine Offset-Bogenrotationsmaschine ROLAND PARVA II zur Verfügung. Unter praxisüblichen Bedingungen wurden hier die Anpreßkräfte zwischen Übertragungs- und Plattenzylinder bzw. Übertragungs- und Druckzylinder sowie die Druckverteilung im Kontaktbereich von Platten- und Übertragungszyklen bestimmt [3].

2.3 Untersuchungen an Hochdruck-Flachformmaschinen

2.3.1 Untersuchungen an vier Hochdruck-Flachformmaschinen

Erste Untersuchungen wurden an vier Hochdruck-Flachformmaschinen mit unterschiedlichen Druckzylinderdurchmessern vorgenommen. Ziel war die Erfassung von Druckverteilung und Gesamtpreßkraft bei Variation der Aufzugart. Konstruktives Hauptmerkmal des dafür verwendeten Aufnehmers ist ein gegen Tangentialkräfte unempfindlicher, biegesteifer Torsionshebel mit frei aufgehängtem DMS (s. Bild 1). Zur Ausschaltung des Tangentialkrafteinflusses wurde der Lagermittelpunkt des Torsionshebels bis zur Schrifthöhe angehoben. Aus diesem Grunde konnte der an der Meßfläche schrifthoch geschliffene Aufnehmer nur am Druckformende zusammen mit Klischees oder Textformen in den Schließrahmen eingeschlossen werden. Die Meßanordnung zeigt Bild 2.

Eichung: Die Eichung des Aufnehmers erfolgte im ausgebauten Zustand durch Belasten des Torsionshebels mit Gewichten. Die dabei erhaltenen Kurven verliefen linear.

Da die Formbettgeschwindigkeit bei den untersuchten Maschinen nicht über den gesamten Druckweg konstant ist, war das Mitregistrieren eines Wegmaßstabes zur Bestimmung der Druckzonenbreite während der Anpreßkraftmessung unerlässlich. Hierzu dient ein mit Formbettgeschwindigkeit hin- und herlaufendes, in Plexiglas eingefasstes Wegnormal aus Messing (s. Bild 3).

Jeder Durchgang dieses Wegnormals unter den aus Bild 3 ersichtlichen, fest angeordneten Kontaktzungen bewirkt dabei eine Unterbrechung des die Druckverteilungskurve registrierenden Elektronenstrahls in definierten Abständen.

Versuchsbedingungen: Druckverteilungskurven wurden an vier verschiedenen Hochdruck-Flachformmaschinen mit unterschiedlichem Druckzylinderdurchmesser (258, 342, 420 und 540 mm) aufgenommen.

Verwendung fanden dabei zwei verschiedene Aufzüge folgender Zusammensetzung:

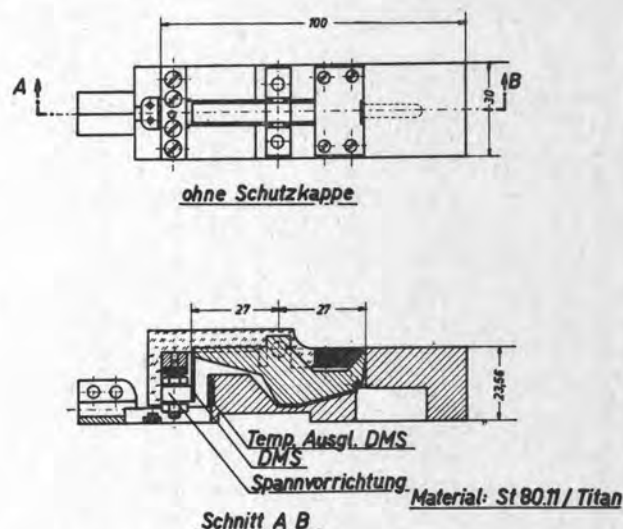


Bild 1: Anpreßkraftaufnehmer

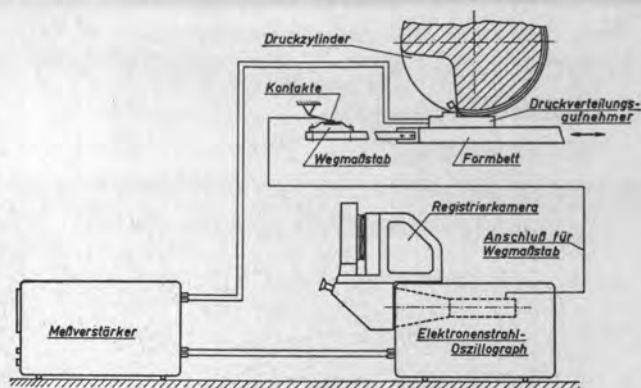


Bild 2: Meßanordnung

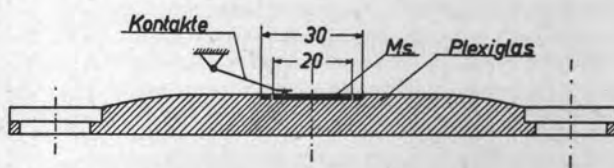


Bild 3: Wegnormal

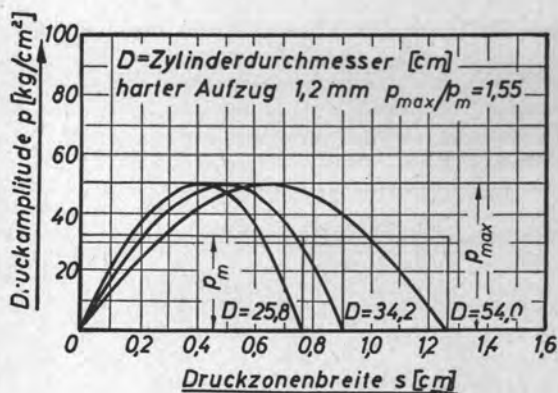


Bild 4: An Hochdruck-Flachformmaschinen aufgenommene Druckverteilungskurven

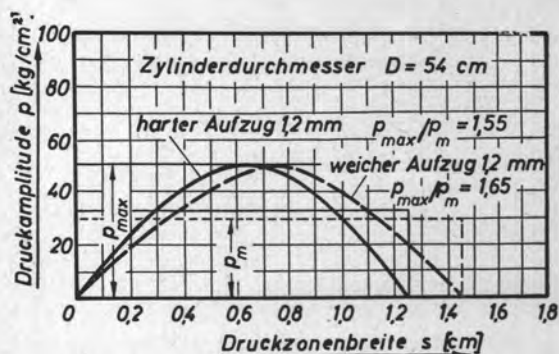


Bild 5: An einer Hochdruck-Flachformmaschine aufgenommene Druckverteilungskurven

a) harter Aufzug	
3 Tauenkarton (0,3 mm)	0,9 mm
1 Tauenkarton	0,2 mm
1 Tauenstraffer	0,1 mm
	1,2 mm
b) weicher Aufzug	
2 Tauenkarton (0,2 mm)	0,4 mm
2 satin. Zwischenlagebogen	0,4 mm
1 Gummidrucktuch	0,3 mm
1 Tauenstraffer	0,1 mm
	1,2 mm

Zur Erreichung einer Aufzugstärke von 1,5 mm wurde jeweils noch ein Tauenkarton von 0,3 mm dazugegeben.

Untersuchungen des Instituts für grafische Technik an Hochdruck-Flachformmaschinen, durchgeführt mit verschiedenen Zylinderaufzügen und Druckformmaterialien, hatten zum Ergebnis, daß sich ein Aufzug mit Gummituch, ähnlich wie unter b) angegeben, am besten zum Drucken aller acht eingesetzten Formmaterialien eignet. Hingegen sei die Verwendung eines harten Aufzuges nur beim Drucken von Linien- und Tabellendruck angebracht [4].

Trotz der guten Eigenschaften des Aufzuges mit Gummituch fand zur Ermittlung des Durchmesser-Einflusses der harte Aufzug Verwendung. Hierbei lassen sich die Druckbedingungen (z. B. Aufzugspannung) am leichtesten konstant halten. Unterschiedlich vorgeschriebene Normalaufzüge der untersuchten Maschinen erforderten zwecks Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse die Ausführung aller Aufzüge mit einer Stärke von 1,2 mm. Zu diesem Zweck mußten z. T. Messingfolien hinzugenommen werden.

Der stufenweisen Druckerhöhung dienten unter die Stahlplatten-Testformen gelegte Messingfolien. Bei den Aufzügen mit Gummituch und einer Stärke von 1,5 mm wurde die Druckerhöhung wie in der Praxis durch Aufzugverstärkung erzielt. Ein direktes Erfassen des Durchmesser-Einflusses war in diesem Falle nicht möglich. Je nach Starrheit der Maschine und Formbetrausnutzung mußten unterschiedliche Mengen Tauenstraffer bzw. Zurichtpapier unterlegt werden, um eine bestimmte Druckerhöhung zu erreichen.

Ergebnisse: Bild 4 zeigt Druckverteilungskurven, aufgenommen bei gleichem Aufzug an Maschinen mit verschiedenen Druckzylinderdurchmessern.

Alle drei Kurven haben gleiche mittlere (p_m) und maximale (p_{max}) Druckamplitude, d. h. das Verhältnis p_{max}/p_m ist konstant und unabhängig vom Druckzylinderdurchmesser.

Ergebnis umfangreicher Untersuchungen waren die konstanten Verhältnisse:

$p_{max}/p_m = 1,55$ bei hartem Aufzug

$p_{max}/p_m = 1,65$ bei weichem Aufzug (s. Bild 5).

Bei Verstärkung des Aufzuges und Druckerhöhung waren keine nennenswerten Abweichungen von diesen Mittelwerten festzustellen.

Für die Streckenlast q [kg/cm] folgt mit diesen Werten:

$$q = p_m \cdot s = \frac{p_{max}}{(1,55 \dots 1,65)} \cdot s \text{ [kg/cm]},$$

wobei

p_{max} ... maximale Druckamplitude [kg/cm²]

p_m ... mittlere Druckamplitude [kg/cm²]

s ... Druckzonenbreite [cm]

sind. Diese auf der o.g. experimentell gefundenen Beziehung für das Verhältnis p_{max}/p_m beruhende Gleichung liefert um ca. 25 % höhere Werte für die Streckenlast q als die mathematisch gefundene Beziehung $q = p_0/2 \cdot s$ [kg/cm] [5]. Hierbei wurde der Verlauf der Druckverteilungskurve durch die Funktion $y = r(1 - \cos x)$ dargestellt. Die Größen p_0 und p_{max} sind identisch. Maximale und mittlere Druckamplitude hängen also im wesentlichen nur von der Aufzugshärte ab.

Diese wichtige Erkenntnis führte bei weiteren, speziellen Messungen an Hochdruck-Flachformmaschinen zu einer wesentlichen Vereinfachung der Meßanordnung.

Für harte Aufzüge mit 1,2 und 1,5 mm Stärke wurde im untersuchten Bereich von 25,8 bis 54 cm Druckzylinderdurchmesser eine annähernd lineare Beziehung mit der Druckzonenbreite gefunden. Für einen konstanten mittleren Druck von $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$ ist diese Beziehung aus Bild 6 ersichtlich. Hierbei liegen die Werte für die Druckzonenbreite s bei hartem Aufzug mit 1,5 mm Stärke um ca. 10 % höher als bei einem harten Aufzug mit einer Stärke von 1,2 mm. Aus dem Diagramm abgeleitet, läßt sich die Druckzonenbreite s für den speziellen Fall von $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$ nach folgender Gleichung bestimmen:

$$s = 0,3 + 0,023 \cdot D \text{ [cm]}$$

Hieraus folgt für die gesamte, aufzubringende Kraft K

$$K = p_m (0,3 + 0,023 D) B,$$

wobei

$$K = p_m \cdot s \cdot B \text{ [kg]}$$

$$B \dots \text{Satzbreite im Normalschließrahmen [cm]}$$

sind. Aus dem Nomogramm auf Bild 7 kann für den speziellen Fall von 1,2 bzw. 1,5 mm Aufzugdicke sofort die Gesamtkraft K in Abhängigkeit von D und B abgelesen werden.

Nach Meinung und Erfahrung der Praxis genügt ein spezifischer (also mittlerer) Druck von 50 kg/cm^2 , um eine genügend große Vorspannung für die Ausführung aller normalerweise anfallenden Arbeiten zu erzeugen. Dieser Wert wurde auch in einer Vereinbarung zwischen Vertretern der Fachgemeinschaft Druck- und Papiermaschinen und des Technischen Beirates Hochdruck in der FOGRA Anfang Februar 1959 einer aus geometrischen Beziehungen abgeleiteten Formel zugrunde gelegt [6].

Ohne Berücksichtigung der Aufzugzusammenstellung ist dabei neben $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$ die Aufzugzusammenpressung mit $a = 0,1 \text{ mm}$ angenommen worden. Somit folgt aus der hierfür auf Grund geometrischer Bedingungen gefundenen, hinreichend genauen Formel

$$s = 2 \cdot \sqrt{a \cdot D} \text{ [cm]}$$

$$s \dots \text{Druckzonenbreite [cm]}$$

$$D \dots \text{Druckzylinderdurchmesser [cm]}$$

$$a \dots \text{Aufzugzusammenpressung [cm]}$$

mit den obigen Werten für die Gesamtkraft K

$$K = B \cdot 10 \cdot \sqrt{D} \text{ [kg]}$$

$$B \dots \text{Satzbreite im Normalschließrahmen [cm]}$$

$$D \dots \text{Druckzylinderdurchmesser [cm]}$$

Einen Vergleich der aus den Meßergebnissen berechneten Gesamtkräfte K mit den nach der Formel $K = B \cdot 10 \cdot \sqrt{D}$ gefundenen Werten zeigt Tabelle I:

Zylinder- Durch- messer	Form- breite	gemessene Werte; hart. Aufzug 1,2 mm $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$		nach $K = B \cdot 10 \cdot \sqrt{D}$ errechnete Werte; $a = 0,01 \text{ cm};$ $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$	
		s (cm)	K (kg)	s (cm)	K (kg)
25,8	50	0,90	2250	0,90	2540
34,2	70	1,10	3850	1,10	4100
42,0	95	1,27	6030	1,27	6170
54,0	115	1,56	9000	1,56	8450

Insgesamt gesehen liegen hiernach die nach Formel

$$K = B \cdot 10 \cdot \sqrt{D} \text{ errechneten Werte unter den getroffenen Ausnahmen durchaus in der Nähe der gemessenen Werte.}$$

2.32 Spezielle Anpreßkraftmessungen an zwei Hochdruck-Flachformmaschinen

Spezielle Untersuchungen an zwei Hochdruck-Flachformmaschinen hatten zum Ziel, die zum Ausdrucken notwendigen, minimalen Anpreßkräfte zu messen.

Parameter: mittlere Druckamplitude $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$
— harter Aufzug 1,2 mm
--- harter Aufzug 1,5 mm

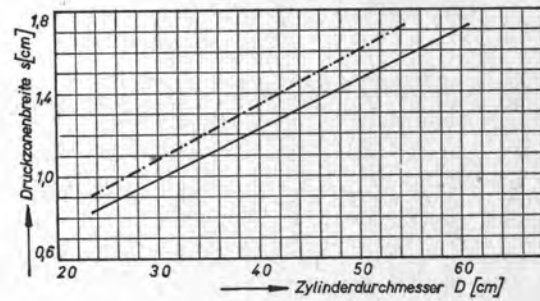


Bild 6: Druckzonenbreite in Abhängigkeit vom Druckzylinderdurchmesser bei $p_m = 50 \text{ kg/cm}^2$

Parameter: mittlere Druckamplitude $p = 50 \text{ kg/cm}^2$
harter Aufzug 1,2 mm = konst.
(bei hartem Aufzug 1,5 mm, K um 10% erhöhen)

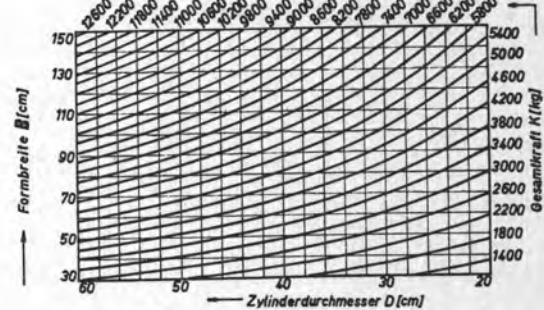


Bild 7: Gesamtkraft K in Abhängigkeit von Formbreite und Druckzylinderdurchmesser

Aus den unter 2.31 geschilderten Untersuchungen war dabei bereits das Verhältnis zwischen maximaler und mittlerer Druckamplitude bekannt. So konnte den Messungen der Quotient

$$\frac{p_{\max}}{p_m} = 1,6 \text{ gültig für einen elastischen Aufzug, zugrunde gelegt werden. Die mittlere Druckspannung } p_m \text{ beträgt demnach das } 0,625\text{-fache der maximalen Druckspannung } p_{\max}.$$

Meßanordnung: Bild 8 zeigt die Gesamtansicht der Versuchsform, bestehend aus zwei Volltonplatten, zwischen die ein schrift-

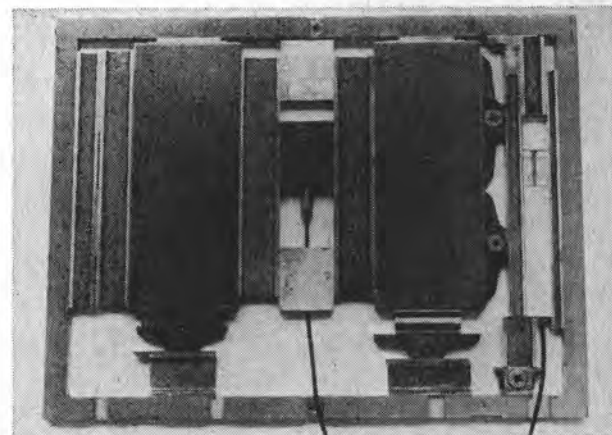


Bild 8: Gesamtansicht der Versuchsform

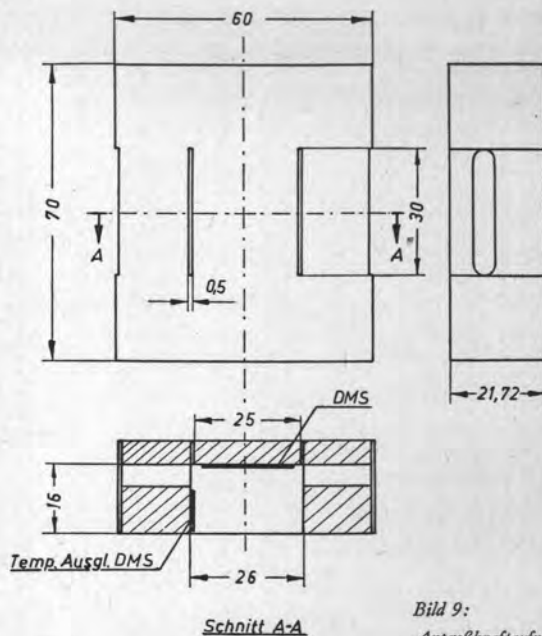


Bild 9:
Anpreßkraftaufnehmer

hoher, elastischer, brückenförmiger Aufnehmer aus Stahl eingeschlossen wurde.

Auf Bild 9 ist die einfache Konstruktion des Aufnehmers dargestellt. Er trägt an der Brückenunterseite einen aktiven DMS, der die beim Einwirken der Druckkräfte auftretende, geringe elastische Verformung aufnimmt und in eine elektrische Spannungsänderung umwandelt.

Neben dem Aufnehmer zum Erfassen der Anpreßkräfte pro cm Druckstreifenlänge wurde weiterhin ein Aufnehmer für die Druckzonenbreite eingesetzt. Er ist, ebenfalls mit in die Versuchsform eingeschlossen, auf Bild 8 rechts, in Höhe des Anpreßkraftaufnehmers erkennbar.

Der Aufnehmer besteht aus einem Plexiglaskörper, in den ein Metallplättchen eingelegt ist. Solange sich der Druckzylinder mit dem Plättchen in Berührung befindet, ist auf dem Oszillographenschirm ein Lichtpunkt sichtbar. Das zeitlich begrenzte Aufleuchten des Lichtpunktes am Oszillographenschirm erscheint auf dem Registrierfilm als Strecke, die ein Maß für die Druckzonenbreite darstellt.

Zur Eichung des Kontaktgebers diente eine fest mit dem Druckfundament verbundene Kontaktleiste. Sie besteht aus Plexiglas, in das eine 30 mm lange Messingfolie als Wegnormal eingearbeitet ist. Bei Bewegung des Formbetts gleitet die Kontakt-

leiste an einem fest angeordneten Schleifkontakt entlang und bewirkt dabei ebenfalls das Aufleuchten eines Lichtpunktes auf dem Oszillographenschirm.

Eichung: Die Eichung des Anpreßkraftaufnehmers erfolgte durch stufenweise Belastung mit einem aufzugbespannten Druckzylindersegment. Die dazu erforderlichen Kräfte wurden dabei mit Hilfe eines einfachen Schraubtriebs erzeugt und mit einem Kraftmeßbügel (Bauart Zwick & Co., Meßbereich 0...1000 kg) bestimmt. Bild 10 zeigt die gesamte Eichanordnung.

Versuchsbedingungen:

Auf zwei Hochdruck-Flachformmaschinen mit 54 und 22 cm Druckzylinderdurchmesser wurden bei zwei verschiedenen Stundenleistungen Kunstdruckpapier 130 g/m² und Werkdruckpapier sat. 70 g/m² mit je vier verschiedenen Formen bedruckt. Die Auswertung der bedruckten Bogen erfolgte durch vier erfahrene Druckmeister.

Mit Hilfe eines Weißgradmessers (nach Dr. K. Hoffmann) war es möglich, die Farbgebung für die jeweils eingesetzte Druckform nahezu gleich einzustellen.

Die Versuche wurden in einem klimatisierten Raum bei 20° C ± 0,2° C und 65 % ± 2 % rel. Luftfeuchte durchgeführt.

Die für die Untersuchungen zusammengestellten Aufzüge weisen alle ein Drucktuch auf. Mußte entsprechend der zum Abdrucken kommenden Form eine andere Aufzugdicke gewählt werden, so wurde die Veränderung innerhalb der Zwischenbogen über dem Drucktuch vorgenommen.

Ergebnisse: Die beiden nachfolgenden Tabellen zeigen in einer Zusammenfassung die beim Bedrucken von Kunstdruck- und Werkdruckpapier gemessenen Werte.

Tabelle II: Kunstdruckpapier

Form	Druckleistung [B/h]	mittl. Druckspannung p_m [kg/cm ²]	Weißgrad [%]
Schrift	2100	22	65,9
	3900	23	64,9
48er Raster	2100	38	45,4
	3900	39	42,7
60er Raster	2100	40	46,0
	3900	41	45,1
Vollton	2100	45	2,9
	3900	48	2,8

Tabelle III: Werkdruckpapier

Form	Druckleistung [B/h]	mittl. Druckspannung p_m [kg/cm ²]	Weißgrad [%]
Schrift	2100	27	58,6
	3900	28	56,5
48er Raster	2100	49	42,8
	3900	51	39,0
60er Raster	2100	52	40,0
	3900	53	39,5
Vollton	2100	59	3,6
	3900	63	3,3

Bei den Ergebnissen ist als besonders interessant anzusehen, daß im Vergleich zu 2100 B/h bei einer Stundenleistung von 3900 B/h nur eine geringfügige Erhöhung von p_m gemessen wurde. Die Druckqualität bei der hohen Druckleistung stand derjenigen bei 2100 B/h nicht nach, sondern übertraf diese bezüglich Bildschärfe noch geringfügig.

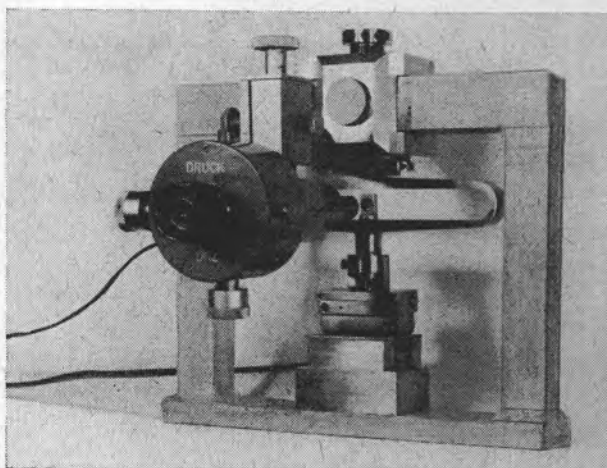


Bild 10: Eichanordnung

Weiterhin bestätigten sich durch die Versuche folgende Erkenntnisse:

1. Die notwendige Druckspannung $[kg/cm^2]$ wächst mit der Druckdicke, d. h. mit wachsendem Weißgehalt.
2. Zum Ausdrucken der verschiedenen Formen sind beim Bedruckstoff Werkdruckpapier höhere Druckspannungen als bei Kunstdruckpapier notwendig.
3. Die unterschiedlichen Formen beeinflussen die Größe der notwendigen Druckspannungen bei beiden Maschinen weniger als $\pm 10\%$.
4. Die Druckzonenbreite steigt mit der Auspresskraft und dem Druckzylinderdurchmesser.

2.33 Meßtechnische Erfassung von Tangential- und Normalkräften

Neben den genannten und z. T. schon bezüglich ihres Einflusses auf das Druckergebnis untersuchten Komponenten Papier, Farbe, Druckform sowie Anpresskraft und Druckgeschwindigkeit ist für ein einwandfreies Drucken insbesondere auch die Vermeidung von Schmitz erforderlich.

Schmitz tritt auf, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Druckzylinders nicht mit der Formbettgeschwindigkeit übereinstimmt. Die Druckelemente werden infolge einer Relativbewegung zwischen Druckform und -bogen verwischt wiedergegeben. Weiterhin sind Aufzugdeformationen für diese, insbesondere bei Eintouren- und Haltzylinderdruckmaschinen auftretende Erscheinung verantwortlich [7].

Konform mit einem Verwischen der Druckelemente geht die Abnutzung der Druckform. Die durch falsche Abwicklung und Wulstbildung des Aufzugs hervorgerufenen Reibkräfte arbeiten je nach ihrer Größe die druckenden Partien der Form ab. Diese Abnutzung tritt in verstärktem Maße am Druckformende auf und läßt die Form durch einseitigen Verschleiß schnell unbrauchbar werden.

Mit dem Ziel, die beim Auftreten der obengenannten Erscheinungen – Schmitz und Abnutzen der Druckform – wirksamen Tangentialkräfte zu untersuchen, wurde ein bereits früher im Institut gefertigter Zweikomponentenaufnehmer weiterentwickelt. Dieser gestattet das gleichzeitige Aufnehmen der vom Druckzylinder einer Hochdruck-Flachformmaschine auf die Druckform ausgeübten Tangentialkraft und der wirksam werdenden Anpress- bzw. Normalkraft.

Aufbau des Zweikomponentenaufnehmers: Bild 11 zeigt den schrifthohen Zweikomponentenaufnehmer im Schnitt. Er kann zusammen mit der Druckform im Schließrahmen einer Hochdruck-Flachformmaschine geschlossen werden. Wesentlichster Bestandteil des Zweikomponentenaufnehmers ist ein auf Rollen abgestützter Meßkörper, der zwischen einem Quarzaufnehmer einerseits und einem mittels Stellschraube vorgespannten Feder-element andererseits fixiert ist. Der Meßkörper kann sich somit nicht frei bewegen, erlaubt aber die annähernd weglose Übertragung von in Formbett-Längsrichtung wirksamen Tangentialkräften, gleich welchen Richtungsinns, auf den piezoelektrischen Quarzaufnehmer. In Querrichtung wird der Meßkörper durch drei auf der Grundplatte gehaltene Kugellager geführt, von denen eins über einen Exzenter einstellbar ist. Ein seitliches Verschieben des Meßkörpers ist somit nicht möglich. Zur gleichzeitigen Erfassung der Anpresskraft trägt der obengenannte Meßkörper ein brückenförmiges Element aus Stahl mit dem aktiven DMS auf der Unterseite.

Zur Vermeidung von Kippmomenten, hervorgerufen durch die Belastung des Druckzylinders, ist der obere, brückenförmige Teil des Aufnehmers an den Enden abgesetzt. Jeweils eine am Grundkörper befestigte, sanft ansteigende Auflauf- bzw. abfallende Ablaufplatte vermindern Stoßbeanspruchungen, die beim Auf- bzw. Abrollen des Druckzylinders auf das Brückenelement auftreten.

Der beschriebene Zweikomponentenaufnehmer eignet sich für den Einsatz in allen Hochdruck-Flachformmaschinen. Es besteht die Möglichkeit, verschiedenartige Druckformen einzusetzen.

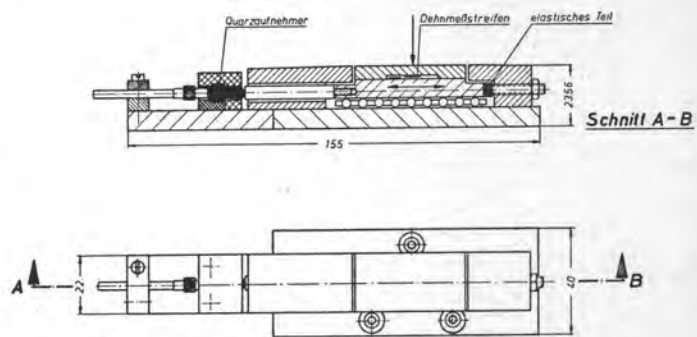


Bild 11: Zweikomponentenaufnehmer

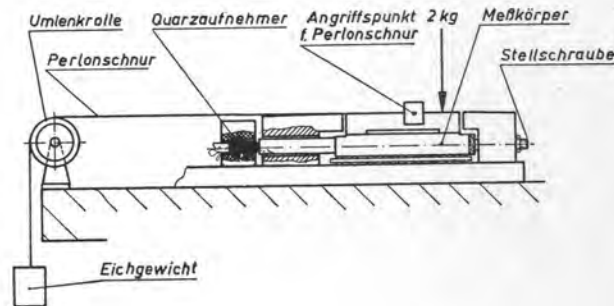


Bild 12: Eichanordnung für Tangentialkraftaufnehmer

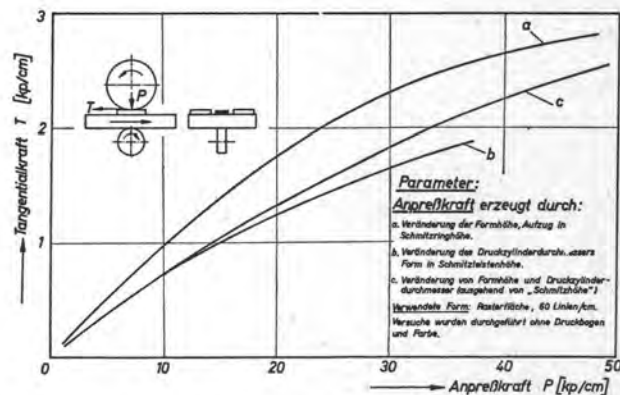


Bild 13: Untersuchungen an einer Hochdruck-Flachformmaschine: Tangentialkraft T in Abhängigkeit von der Anpresskraft P

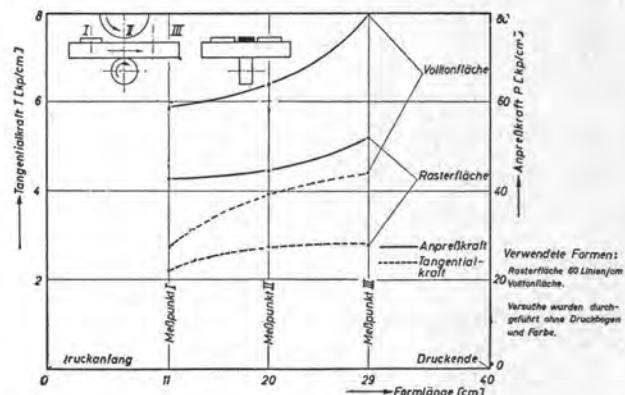


Bild 14: Untersuchungen an einer Hochdruck-Flachformmaschine: Tangentialkraft T und Anpresskraft P in Abhängigkeit von der Formlänge

Meßanordnung: Zur Messung der Anpreßkraft wurden die Geräte in der schon beschriebenen Anordnung: DMS-Aufnehmer – Trägerfrequenzmeßverstärker – Oszillograph eingesetzt.

Der Quarzaufnehmer zur Erfassung der Tangentialkräfte liefert nach Zwischenschalten eines Piezo-Verstärkers ebenfalls registrierbare Signale an den Oszillographen (Verwendung fand ein Tektronix-Zweistrahloszillograph mit einer nachgeschalteten Zeiß-Registrierkamera).

Eichung: Analog den Verhältnissen während des Druckens greift beim Eichn des Quarzaufnehmers eine mittels definierter Eichgewichte aufgebrachte Kraft über Perlonschnur und Umlenkrolle genau in Druckhöhe tangential am rollengelagerten Meßkörper an und belastet somit den Quarzaufnehmer (s. Bild 12).

Eine senkrecht auf den Aufnehmer wirkende Belastung von 2 kg kompensiert das beim Eichn auftretende Kippmoment um die Quarzaufnehmerachse. Der dabei auftretende Fehler kann unberücksichtigt bleiben, da die Reibung zwischen Rollenlagerung und Meßkörper im Belastungsgebiet nahezu gleich groß ist.

Die Eichung des Anpreßkraftaufnehmers erfolgt hier, wie schon früher beschrieben, durch Belasten mit einem aufzugbespannten Druckzylindersegment. Die dazu notwendigen Kräfte werden mit einem einfachen Schraubgetriebe aufgebracht und an einem Kraftmeßbügel (Bauart Zwick & Co., Meßbereich 0–300 kg) bestimmt.

Versuchsergebnisse: Wichtigstes Ergebnis aller in diesem Rahmen durchgeführten Messungen ist die Feststellung, daß sich der oben beschriebene Zweikomponentenaufnehmer zur gleichzeitigen Erfassung von Tangential- und Normalkräften vollkommen eignet. Er kann zusammen mit den druckenden Elementen im Formbett jeder Hochdruck-Flachformmaschine eingesetzt werden und erlaubt somit Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Faktoren, wie z. B. Aufzugstärke und -zusammensetzung, Formhöhe, Druckform und Maschinengeschwindigkeit auf die Kräfteverteilung und deren Auswirkungen beim Druckvorgang.

Im einzelnen können aus den Ergebnissen der mit dem Zweikomponentenaufnehmer durchgeführten Messungen folgende Beziehungen abgeleitet werden:

1. Die beim Drucken auf einer Hochdruck-Flachformmaschine zwischen Druckzylinder und Druckform wirksam werdende Tangentialkraft hängt direkt von der Anpreßkraft ab.
2. Nach Bild 13 hängt die Höhe der Tangentialkraft bei gleicher Anpreßkraft von der Art der Anpreßkraftherzeugung ab.
3. Die Größe der wirksamen Tangentialkraft hängt von der eingesetzten Druckform ab. Während der Versuche wurde der Aufnehmer sowohl mit einer Volltonfläche als auch mit einer Rasterfläche im Schließrahmen geschlossen. Die über einer Volltonfläche gemessene Tangentialkraft lag dabei höher als die über einer Rasterfläche gemessene (s. Bild 14).

Auf Bild 15 ist als Beispiel ein beim Messen aufgenommenes Oszillogramm wiedergegeben.

Ein Ausschlag nach unten entspricht bei der oberen Kurve einer Tangentialkraft, die der Bewegungsrichtung des Formbetts beim Drucken entgegengerichtet ist. Deutlich ist der Tangentialkraftanstieg beim Auflaufen des Druckzylinders auf die Auflaufplatte des Zweikomponentenaufnehmers zu erkennen. Es folgen eine Entspannung des Aufzugs beim Übergang auf den oberen Meßkörperteil und der rasche Abbau der Tangentialkraft, wenn der Druckzylinder die Ablaufplatte passiert.

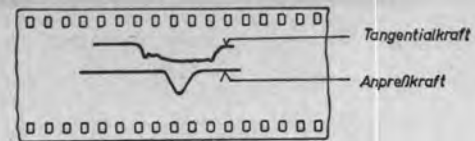
2.4 Untersuchungen an Tiefdruckmaschinen

2.4.1 Allgemeines

Das Druckwerk einer Tiefdruckmaschine besteht im wesentlichen aus Formzylinder, Gummipresseur und einer in den meisten Fällen angewendeten zusätzlichen Stützwalze. Sowohl Formzylinder als auch Stützwalze sind zwecks Vermeidung unzulässig hoher Massenkräfte nicht vollkommen biegesteif.

Neben Aussagen über die beim Druckvorgang auftretenden Kräfte sind deshalb für den Konstrukteur von Tiefdruckmaschinen auch Angaben über die Formänderungen von Tiefdruckzylindern bedeutungsvoll. Insbesondere erscheint es wün-

Bild 15:



Mit dem Zweikomponentenaufnehmer aufgenommene Kurven. Aufnehmer in Druckformmitte

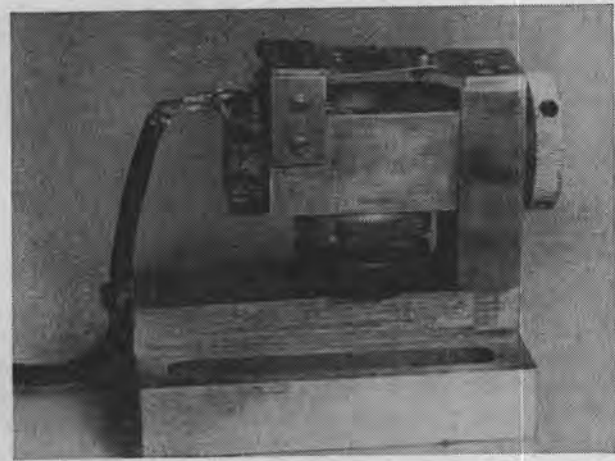


Bild 16: Verlagerungsaufnehmer mit Einrichtung zum Einstellen und Arretieren

schenswert, Aussagen über Durchbiegungen von Tiefdruckzylindern zu erhalten. Ein während des Betriebs durchgebogener Formzylinder hat zur Folge, daß der Papierbahn über ihre Breite unterschiedliche Spannungen aufgezwungen werden und damit die Gefahr des Reißens besteht. Abgesehen davon kommt es zu ungleichmäßigem Ausdrucken.

Die nachfolgend geschilderten Untersuchungen beziehen sich auf die Erfassung von Durchbiegungen und Druckverteilungen an rotierenden Tiefdruckzylindern sowie die Bestimmung von Gesamtanpreßkräften im Betriebszustand.

2.4.2 Messung von Durchbiegungen an rotierenden Tiefdruckzylindern

Meßprinzip und verwendete Aufnehmer: Für die Erfassung der Durchbiegungen an rotierenden Tiefdruckzylindern fanden Aufnehmer nach dem aus Bild 16 ersichtlichen Prinzip Verwendung. Wesentlichster Bestandteil dieser Aufnehmer ist eine einseitig eingespannte Blattfeder, die über ihre freie Länge als Trapez ausgebildet wurde. Sie entspricht somit etwa einem Träger gleicher Biegebeanspruchung, so daß die auf Blattfederober- und -unterseite aufgeklebten und zu einer Vollbrücke geschalteten DMS auf ihre Länge einer möglichst gleichmäßigen Zugbeanspruchung ausgesetzt sind.

Die Blattfeder schleift mit einem am freien Ende aufgelöteten Kontakt auf der Oberfläche des zu untersuchenden Zylinders und folgt während des Maschinenlaufs den Verlagerungen desselben. In Meßstellung laufen Schleifkontakt- und Zylinderachse parallel. Beide liegen in einer senkrechten Ebene.

Eichung: Zur Eichung werden die Aufnehmer einzeln auf einen Meßtisch geschraubt und mittels Mikrometerschraube stufenweise belastet (s. Bild 17). Die bei derartigen Eichungen erhaltenen Kurven verliefen linear.

Meßanordnung: Die gesamte Meßanordnung mit drei Verlagerungsaufnehmern zeigt Bild 18.

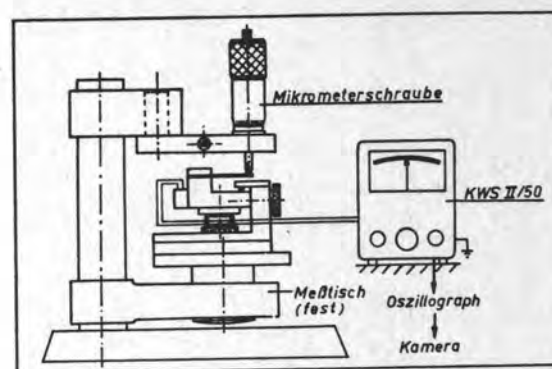
Ergebnisse: Zunächst wurde die Eigenfrequenz der Aufnehmer festgestellt. Sie liegt im Mittel bei 750 Hz und somit genügend hoch.

Nach Fertigstellung von drei Verlagerungsaufnehmern wurden erste Messungen in einer Großdruckerei am Druckwerk einer Mehrfarben-Tiefdruckmaschine durchgeführt. Die Formzylinderbreite betrug hier 1870 mm. Außer dem untersuchten waren alle

Deutlich ist bei diesen Ergebnissen eine mit Erhöhung der Gesamtanpreßkraft zunehmende Absenkung des gesamten Systems zu erkennen. Infolge der größeren Formzylindersteifigkeit liegen hier die Werte für die Durchbiegung des Formzylinders über seine Drucklänge in einem Bereich von 1 bis 2 Hundertstel mm.

Die Eichung der so erhaltenen Anpresskraftaufnehmer wurde mit Hilfe der ebenfalls in Bild 21 abgebildeten Teile 7 und 8 an einer Losenhausen-Zerßmaschine durchgeführt. Die Teile 7 und 8 der Eichvorrichtung sind in ihrer Form den Teilen 2 und 3 identisch, so daß bei der Eichung die gleichen Belastungsverhältnisse wie in der Versuchsmaschine vorlagen.

Der eigentliche Aufnehmer wurde zunächst in einen Metallklotz eingepaßt und -geklebt. Dabei erhielten nur die Seitenflächen und die Grundfläche der Aufnehmerstützen einen Leimfilm, so daß die eigentliche Brücke frei beweglich blieb.



The drawing shows a horizontal cylindrical vessel with three measurement points labeled 'Messpunkt 1', 'Messpunkt 2', and 'Messpunkt 3'. The distances between these points are 600, 210, and 600 units respectively. Below the vessel, a graph plots 'Verformung [10⁻³ mm]' on the y-axis (from 0 to 10) against 'Druck [10³ mmHg]' on the x-axis (from 0 to 100). Three curves are shown, labeled 'leicht', 'mittel', and 'stark', representing different pressure levels. To the right of the graph is a table with columns for 'Druck', 'Formzahl', 'Verformung', and 'Platz'. The table contains data for three different pressure levels (leicht, mittel, stark) and three different measurement points (Platz 1, Platz 2, Platz 3).

Druck	Formzahl	Verformung		
		Platz 1	Platz 2	Platz 3
10	10	10	10	10
20	20	20	20	20
30	30	30	30	30
40	40	40	40	40
50	50	50	50	50
60	60	60	60	60
70	70	70	70	70
80	80	80	80	80
90	90	90	90	90
100	100	100	100	100

The technical drawing shows a shaft with a central gear. The shaft has a total length of 719 mm. The gear has an outer diameter of 600 mm and a width of 260 mm. The shaft is supported by bearings at both ends, with a distance of 120 mm between the bearing centers. The shaft is divided into seven sections, numbered 1 to 7. The gear is located in section 4. The shaft is fixed to a base at both ends, labeled 'Maschinen' and 'Antrieb'.

The graph below the shaft shows the deflection curves for different load conditions. The vertical axis is labeled 'Verlängerung [10mm]' and ranges from 0 to 25. The horizontal axis is labeled 'x' and ranges from 0 to 719 mm. The curves are labeled 'leicht', 'mittel', and 'stark'.

Part	Verlängerung 10 ⁻³ mm	leicht	mittel	stark
1	5,1	8,4	12,4	17,4
2	8,2	14,1	22,1	30,1
3	6,7	10,7	17,7	24,7
4	8,5	16,9	25,9	34,9
5	7,0	14,9	23,9	31,9
6	10,5	16,4	24,4	32,4
7	5,0	8,0	12,0	17,0

Legend for pressure distribution:

- leicht
- mittel
- stark

Bild 20: Am Versuchsdruckwerk gemessene Verlagerungen

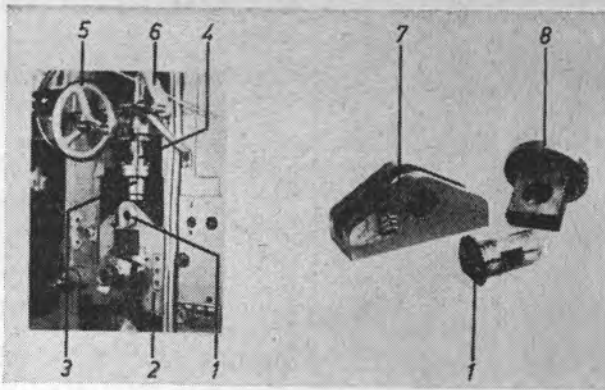


Bild 21: Anpreßkraftaufnehmer und dazugehörige Eichvorrichtung

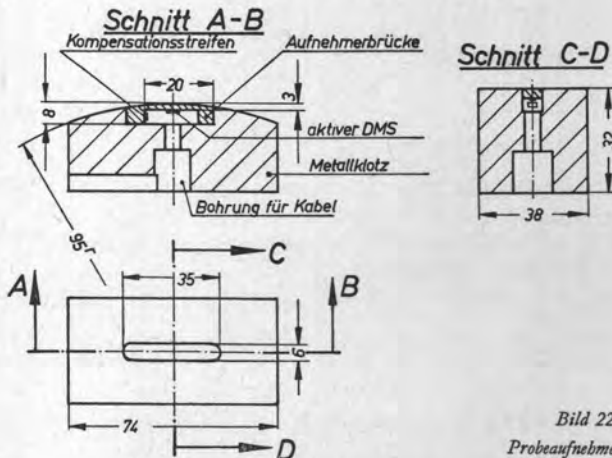


Bild 22:
Probeaufnahme

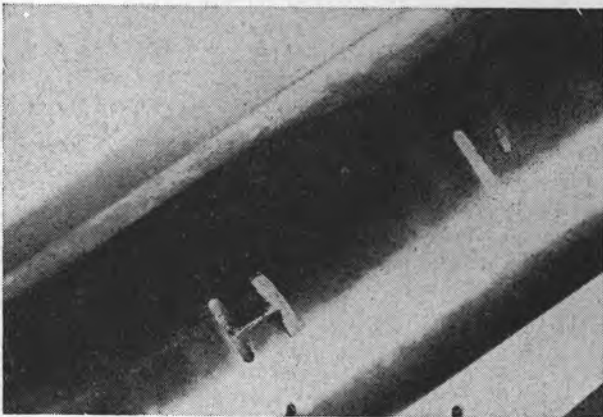


Bild 23

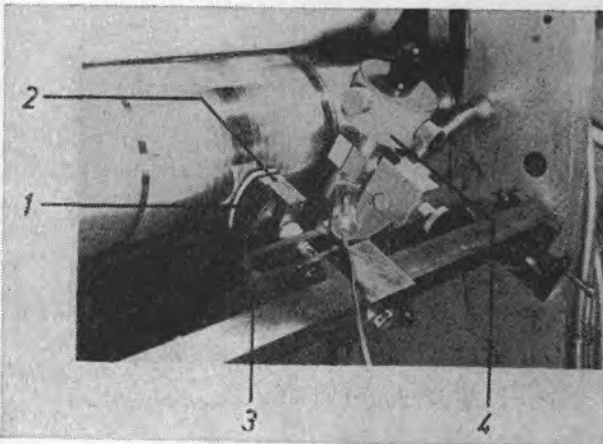


Bild 24

Für die Eichung dieses Aufnehmers fand ein Presseursegment Verwendung, das über ein einfaches Schraubgetriebe auf den Aufnehmer gepreßt wird. Zur Bestimmung der dabei aufgetragenen Kraft diente ein Kraftmeßbügel.

Nach ersten Eichungen ist auch, angeregt durch A. Frøsløv-Nielsen, der Einfluß einer unterschiedlichen Höhe von Aufnehmer- und Formzylinderoberfläche untersucht worden.

Für die Messungen am Formzylinder der Versuchsmaschine wurde nach diesen Voruntersuchungen folgende Versuchseinrichtung vorgesehen:

Nach Entfernen der Ballardhaut erhält der Formzylinder fünf Ausfräsungen, in die Brückenaufnehmer aus Stahl nach dem auf Bild 22 dargestellten Prinzip eingeklebt werden. Formzylinder- und aufgekupperte Aufnehmeroberfläche liegen dabei auf gleicher Höhe (s. Bild 23).

Zur Vermeidung von schwankenden Übergangswiderständen am Schleifringgerät (System Brosa) wurden dem einen aktiven DMS an der Brückenunterseite drei weitere unbelastete DMS zugeschaltet.

Eichung: Die komplette Einrichtung zum Eichen der Aufnehmer in der Maschine zeigt Bild 24. Hiermit können die Aufnehmer im eingebauten Zustand geeicht werden. Die dazu notwendigen Kräfte werden durch das Schraubgetriebe 1 aufgebracht und über das Presseursegment 2 auf den Aufnehmer übertragen. Zur Kraftbestimmung dienen der Kraftmeßbügel 3 mit Ablesemikroskop 4.

Meßanordnung: Die gesamte Meßanordnung aus Bild 25 ersichtlich.

Die in Bild 26 dargestellten Versuchsergebnisse zeigen zu Beginn der Untersuchungen aufgenommene Kurven. Interessant ist hier der identische Verlauf bei den Aufnehmern 1 und 5 sowie 2 und 4. Der Aufnehmer 3 in der Formzylindermitte war dabei, infolge Beschädigung, nicht einsatzbereit. Während bei den äußeren Aufnehmern nur der jeweilige Durchgang unter dem Presseur einen Ausschlag hervorruft, sind bei den weiter zur Zylindermitte zu liegenden Aufnehmern 2 und 4 einmal der plötzliche Ausschlag bei Durchgang unter dem Presseur und zusätzlich zwei weitere flache Druckberge zu erkennen. Diese Erscheinung ist mit einer Zusammendrückung des Formzylinders erklärbar. Die größten Dehnungen erhält die Zylinderoberfläche danach außer an der Kraftangriffsstelle unter 90° und 270° . An den Zylinderenden verhindern die massiven Seitenscheiben diese Erscheinung, so daß die Kurven der Aufnehmer 1 und 5 die Druckberge nicht aufweisen.

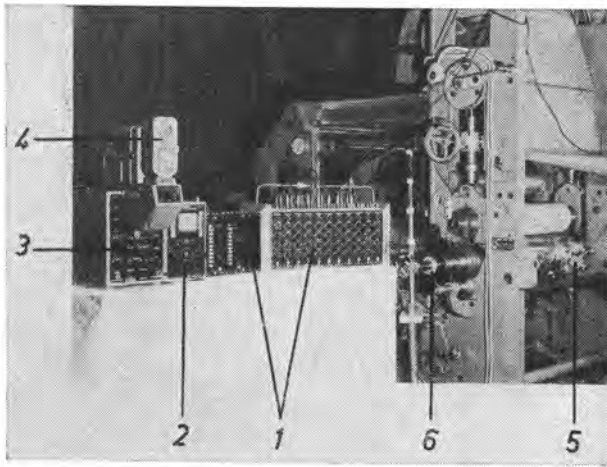
Bei dem bisher beschriebenen Meßverfahren bereitete die Montage der Aufnehmerbrücken gewisse Schwierigkeiten. Außerdem war ein Auswechseln der eingeklebten Aufnehmer ohne Zerstörung derselben nicht möglich.

So fanden bei weiteren Versuchen kreisrunde Aufnehmer mit einem Sackloch Verwendung, wobei der aktive DMS auf dem Sacklochgrund aufgeklebt ist (s. Bild 27).

Bei verschiedenen Anpreßkräften durchgeführte Versuche bestätigten die Funktionstüchtigkeit derartiger Aufnehmer. Mit 5 kreisrunden Aufnehmern wurden Druckverteilungskurven in Form der auf Bild 28 als Beispiel dargestellten Kurve ermittelt. Auch hier ist der Formzylinder, wie schon bei vorher durchgeführten Versuchen mit den 6 mm breiten, brückenförmigen Aufnehmern an der Bedienungsseite stärker als an der Antriebsseite belastet.

Bild 23: Montage der Druckverteilungsaufnehmer

Bild 24: Eichvorrichtung. Die gesamte Meßanordnung zeigt Bild 25



- 1 . . . Umschalteneinrichtung mit Steuergerät
- 2 . . . Trägerfrequenzmeßverstärker
- 3 . . . Oszillograph
- 4 . . . Registrierkamera
- 5 . . . Eichvorrichtung
- 6 . . . Schleifringübertrager

Bild 25:
Meßanordnung zum Erfassen von
Druckverteilungen

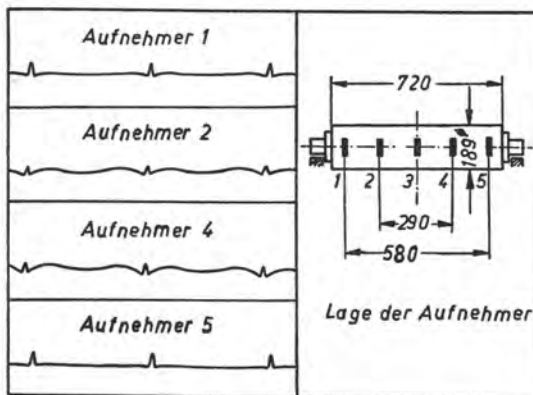


Bild 26: Bei Druckverteilungsmessungen aufgenommene Kurven,
n Formzylinder = 4000 Uph

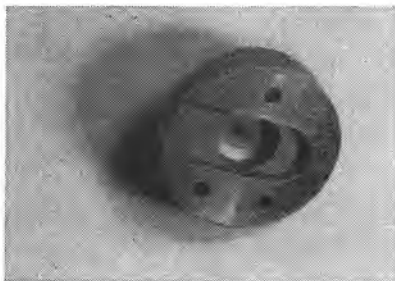
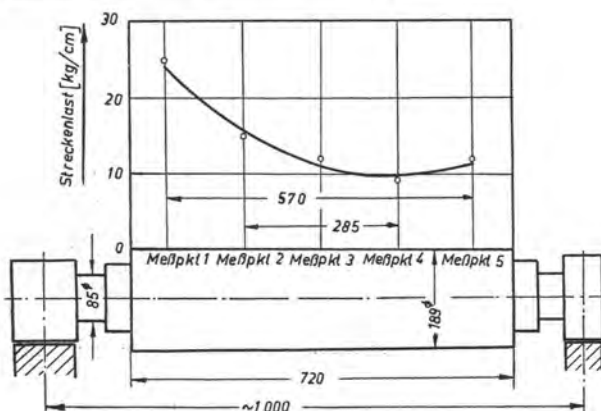


Bild 27:
Unterseite eines Druck-
verteilungsaufnehmers



Es wird Aufgabe weiterer, umfassender Versuche an einem Tiefdruckwerk bei einwandfreien Maschinenbedingungen sein, quantitative Aussagen über die Druckverteilung an Tiefdruckformzylindern zu erhalten.

3. Zusammenfassung

1. Für Messungen an Hochdruck-Flachformmaschinen wurden Untersuchungen über das dynamische Verhalten von Druckwerken durchgeführt. Über die Messungen an einer Offset-Bogenrotationsmaschine ist bereits eine abgeschlossene Arbeit erschienen [3]. Die Untersuchungen an Hoch- und Tiefdruckmaschinen hatten im wesentlichen folgende Ergebnisse:

1. Für Messungen an Hochdruckflachformmaschinen wurden funktionstüchtige Aufnehmer zur experimentellen Ermittlung von Druckverteilung sowie senkrecht und tangential zur Druckform wirkenden Belastungen entwickelt.

Umfangreiche Messungen an vier verschiedenen Hochdruck-Flachformmaschinen mit unterschiedlichem Druckzylinderdurchmesser führten zu der Erkenntnis, daß es ein konstantes Verhältnis zwischen maximaler (p_{max}) und mittlerer Druckamplitude (p_m) gibt. Es beträgt für einen elastischen Aufzug im Mittel $p_{max}/p_m = 1,6$. Es genügt also, zur Bestimmung der zum Drucken notwendigen Anpreßkraft die maximale Anpreßkraft p_{max} und die Druckzonenbreite zu bestimmen. Weiterhin konnte eine allgemein gültige Beziehung zwischen Gesamtdruckkraft K und mittlerer Druckamplitude p_m sowie Druckzylinderdurchmesser und -breite abgeleitet werden. Bei speziellen Anpreßdruckmessungen an zwei Hochdruck-Flachformmaschinen wurde gefunden, daß sich die Anpreßkräfte bei einer Geschwindigkeitssteigerung von 2100 auf 3900 B/h nur geringfügig ändern. Eine Druckqualitätsänderung war bei diesen Versuchen nicht feststellbar. Untersuchungen mit einem funktionstüchtigen, universell einsetzbaren Zweikomponentenaufnehmer zur gleichzeitigen Erfassung von Tangential- und Normalkräften brachten folgende Ergebnisse:

Die beim Drucken zwischen Druckzylinder und Druckform wirksame Tangentialkraft hängt direkt von der Anpreßkraft ab, ihre Höhe wird von der Anpreßkraft erzeugung und der eingesetzten Druckform (Vollton- oder Rasterfläche usw.) beeinflusst.

2. Hauptergebnis der Untersuchungen an Tiefdruck-Rollenrotationsmaschinen sind Entwicklung und Herstellung funktionsfähiger Meßanordnungen zum Erfassen von Zylinderdurchbiegungen, Gesamtanpreßkräften und Anpreßdruckverteilung.

LITERATUR

- Fink-Rohrbach, Handbuch der Spannungs- und Dehnungsmessung, 1958, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf
- Gohlke, Mechanisch-elektrische Meßtechnik, 1955, Carl Hanser Verlag, München
- Gohlke, Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik, 1959, Akademische Verlagsgesellschaft Geest u. Portig KG, Leipzig
- Kollecker-Matuschke, Der moderne Druck, 1956, Hammerich u. Lesser Verlag, Hamburg
- Westphal, Physikalisches Wörterbuch, 1952, Springer Verlag
- [1] W. Eschenbach, Aktuelle Probleme der Forschung an Rotationsmaschinen, namentlich für den Tiefdruck, Schweizer Archiv, Heft 11 (1960), Seite 413ff.
- [2] Mitteilung aus dem Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren an der Technischen Hochschule Darmstadt: Untersuchung über die Temperaturen in Presseuren von Rollentiefdruckmaschinen, Archiv für Druck und Papier 8 (1962), Nr. 4
- [3] K. Wagenbauer, Beiträge zum Druckprozeß bei Offset-Bogenrotationsmaschinen (Dissertation TH Darmstadt), Archiv für Druck und Papier 5 (1959), Nr. 3
- [4] Druck und Reproduktion, 1959/10
- [5] K.-H. Bauer, Untersuchung des elastischen Verhaltens von Hochdruck-Flachformmaschinen, Druck und Reproduktion, 1963/10
- [6] Veröffentlicht im Beitrag von Dipl.-Phys. W. Ebert, Das Druckwerk als wichtigstes Bauelement von Flachform-Hochdruckmaschinen (FOGRA-Mitteilungen Nr. 22, Sept. 1959, S. 16)
- [7] A. Leisler, Cylinder- und Zahnradabwicklung an Flachformschnellpressen mit besonderer Berücksichtigung des Schmitzes. (Dissertation TH Stuttgart 1926)
- [8] Froslev-Nielsen: The influence of pressure, pressure distribution, packing and printing speed upon ink transfer and coverage in letterpress, in: Problems in High Speed Printing, by W. H. Banks, Pergamon Press Oxford, London, New York, Paris 1962

Bild 28 (links): Gemessene Druckverteilung am Versuchsdruckwerk